

Insegnare la fisica moderna

Considerazioni generali

La fisica moderna è un “lusso”?

Ci sono tante cose più basilari che molti studenti ancora non padroneggiano alla fine della scuola secondaria...

Con le ristrettezze di tempo e di mezzi che ci sono in tante scuole...

Altre obiezioni potremmo aggiungere.

Dall'altro lato:

- si tratta di un pezzo ormai grosso della fisica che esiste
- esiste una richiesta, un interesse dei ragazzi
- senza la fisica del 20-mo secolo gran parte del mondo attuale non si capisce.

Definizione del tema: che cosa è la “fisica moderna”

Per fisica moderna intendo tutta la fisica dell'ultimo secolo, o se si preferisce dalla scoperta dell'elettrone.

Non solo relatività e meccanica quantistica, dunque...

Un ... breve elenco

Ecco un breve (e incompleto) elenco di cose che fanno parte della fisica moderna:

- la fisica nucleare
- le particelle e le interazioni fondamentali
- la meccanica statistica (classica e quantistica)
- la fisica della materia condensata e in particolare
- la fisica dei solidi e relative (immense) applicazioni
- la fisica dei plasmi
- l'astrofisica: struttura ed evoluzione delle stelle, delle galassie, ecc.
- la cosmologia
- l'ottica quantistica: laser ecc.
- l'elettronica
- la “nuova meccanica” (sistemi dinamici, caos deterministico).

Relatività e meccanica quantistica sono “metateorie”

Resta il fatto che relatività e meccanica quantistica occupano un posto privilegiato; questo è vero sia da un punto di vista teorico/epistemologico, sia anche nell'effettiva pratica didattica.

Una possibile spiegazione è che si tratta di *metateorie*: nuovi paradigmi per interpretare la realtà, nuove regole di ragionamento. Per lo stesso motivo però da sole *non dicono molto*. Spieghiamo.

Esempio 1: la m.q. spiega la struttura degli atomi *se* si assume

a) che gli atomi possiedano un nucleo centrale ed elettroni periferici (modello di Rutherford)

b) che l'interazione sia (in prima approssimazione) quella elettrostatica.

Queste due ipotesi *non fanno parte* della m.q.

Esempio 2: la relatività spiega (o prevede?) il difetto di massa di un sistema legato, ma non ci dice come e perché il sistema sia legato.

Però le cose sono un po' più complicate: gli “effetti relativistici” di tutte le specie sono spiegati (previsti?) mentre la fisica newtoniana dà previsioni differenti.

Analogamente: la m.q. prevede effetti d'interferenza senza nessuna ipotesi ulteriore.

Fisica teorica, fatti ed esperimenti, epistemologia

Direi che nella pratica l'insegnamento tende a privilegiare il primo e l'ultimo aspetto, lasciando in secondo piano (a volte in modo drammatico) il secondo.

Sottolineo la distinzione tra *fatti* ed *esperimenti*, anche se non è sempre ben netta.

Parlo di *fatti* pensando prima di tutto a conoscenze comuni (es. l'aria è trasparente, i metalli sono buoni conduttori).

Parlo di *esperimenti* pensando soprattutto a come si è arrivati a certi risultati/leggi. Es. la struttura dei nuclei, o quella dei metalli.

Ci sarebbero poi le *osservazioni*, che non sono semplici fatti, ma neppure esperimenti in senso stretto (penso principalmente ad astrofisica e cosmologia). Ma non complichiamoci troppo la vita...

Un altro possibile punto di vista è questo: chiedersi

- come si arriva a sapere che ...?
- quali strumenti si usano?
- che cosa “si vede” in un esperimento?

Sono domande che non appaiono spesso nell'insegnamento della fisica (a parte alcuni casi tradizionali) e si diradano sempre più quando si entra nella fisica moderna.

Proprio al “resto” della fisica moderna potrebbe spettare il ruolo di porre le domande appena scritte, e iniziare a dare delle risposte.

Fisica teorica ed epistemologia

L'insegnamento secondario della fisica (tutta) tende a essere principalmente teorico, in quanto *non sperimentale*. Ma non è a questo che penso.

Si dovrebbe invece ragionare su quanta importanza si deve dare al *quadro teorico* della fisica, rispetto a quella data ai fatti/esperimenti.

Certamente il quadro teorico non va messo in ombra: la teoria newtoniana (meccanica + gravitazione) o quella maxwelliana (unificazione delle leggi elettromagnetiche, previsione delle onde) debbono essere *componenti della cultura* trasmessa dalla scuola secondaria.

Casomai, si può forse lamentare il difetto opposto: è il *significato* stesso di una teoria, il suo ruolo come *struttura portante*, che non è sempre messo in luce.

Per chiarire con esempi: quanto viene fatto capire che la teoria newtoniana ha un *grandioso potere esplicativo e predittivo*, ad es. per l'astronomia del sistema solare?

E si pensi al carattere *deterministico* della meccanica newtoniana: data la legge di forza e le condizioni iniziali, il moto è determinato a ogni istante, passato e futuro.

Questo è rilevante per il nostro tema, perché invece quando si passa alla fisica moderna è proprio sugli aspetti strutturali che si pone la maggiore enfasi. Come se si trattasse di un fatto nuovo, mai visto nella storia precedente della fisica.

Per es. ci si spende parecchio sul cosiddetto “indeterminismo” della m.q.: troppo, in proporzione a quanto ci si spende sul suo potere esplicativo e predittivo.

Un'autocitazione:

“Quanto all'indeterminismo della m.q., non c'è dubbio che esso esiste e si manifesta nettamente in situazioni sperimentali semplici. Se ad es. mandiamo un singolo fotone su uno specchio semitrasparente, non siamo in grado di prevedere se verrà riflesso o trasmesso; se isoliamo un atomo in uno stato eccitato (cosa oggi possibile) non possiamo dire in quale istante esso emetterà un fotone; e molti altri esempi analoghi potrei fare.”

“Ma questo non è tutto ciò che la m.q. c'insegna. E mi viene sempre da chiedermi se a coloro che sembrano ridurre la m.q. a tali semplici asserzioni, non debba sorgere il dubbio di come passino il tempo i fisici (teorici e sperimentali): a trastullarsi con calcoli di mere eventualità e a costruire complicate apparecchiature per studiare cose che forse accadranno e forse no? Non dovrebbero essere sfiorati da un piccolo, modesto dubbio: non sarà che forse ci siamo fatta un'idea molto parziale e riduttiva di ciò che la m.q. ha prodotto nella fisica?”

Dalle “indicazioni nazionali”

Il percorso didattico comprenderà le conoscenze sviluppate nel XX secolo relative al microcosmo e al macrocosmo, accostando le problematiche che storicamente hanno portato ai nuovi concetti di spazio e tempo, massa ed energia. L'insegnante dovrà prestare attenzione a utilizzare un formalismo matematico accessibile agli studenti, ponendo sempre in evidenza i concetti fondanti.

Lo studio della teoria della relatività ristretta di Einstein porterà lo studente a confrontarsi con la simultaneità degli eventi, la dilatazione dei tempi e la contrazione delle lunghezze; l'aver affrontato l'equivalenza massa-energia gli permetterà di sviluppare un'interpretazione energetica dei fenomeni nucleari (radioattività, fissione, fusione).

segue dalle "indicazioni nazionali"

L'affermarsi del modello del quanto di luce potrà essere introdotto attraverso lo studio della radiazione termica e dell'ipotesi di Planck (affrontati anche solo in modo qualitativo), e sarà sviluppato da un lato con lo studio dell'effetto fotoelettrico e della sua interpretazione da parte di Einstein, e dall'altro lato con la discussione delle teorie e dei risultati sperimentali che evidenziano la presenza di livelli energetici discreti nell'atomo. L'evidenza sperimentale della natura ondulatoria della materia, postulata da De Broglie, ed il principio di indeterminazione potrebbero concludere il percorso in modo significativo.

segue dalle "indicazioni nazionali"

La dimensione sperimentale potrà essere ulteriormente approfondita con attività da svolgersi non solo nel laboratorio didattico della scuola, ma anche presso laboratori di Università ed enti di ricerca, aderendo anche a progetti di orientamento.

In quest'ambito, lo studente potrà approfondire tematiche di suo interesse, accostandosi alle scoperte più recenti della fisica (per esempio nel campo dell'astrofisica e della cosmologia, o nel campo della fisica delle particelle) o approfondendo i rapporti tra scienza e tecnologia (per esempio la tematica dell'energia nucleare, per acquisire i termini scientifici utili ad accostare criticamente il dibattito attuale, o dei semiconduttori, per comprendere le tecnologie più attuali anche in relazione a ricadute sul problema delle risorse energetiche, o delle micro- e nanotecnologie per lo sviluppo di nuovi materiali).

Avremo occasione di discutere se e quanto queste indicazioni
siano condivisibili